

Antti Suni

Sisälogistiikan tuotantoketju Lean-ajattelun pohjalta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalous

Insinöörityö

19.3.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Antti Suni Sisälogistiikan tuotantoketju Lean-ajattelun pohjalta 26 sivua + 2 liitettä 19.3.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Tuotantotalous
Suuntautumisvaihtoehto	Tilaus-toimitusketjun hallinta ja liiketoiminta
Ohjaaja	Lehtori Jarmo Toivanen
<p>Insinöörityössä kehitettiin suomalaisen teollisuusventtiileitä ja niiden toimilaitteita tekevän tehtaan tuotantoprosessia Lean-teorian mukaisesti. Kehityksen tarve todettiin, kun tuotannon yhdistelmäkokonpanossa syntyi työnodotusta ja se täytyi poistaa. Prosessiketjussa on monta vaihetta, joiden tulee olla toimia yhteen, jotta myös seuraavalla vaiheella on sopivasti töitä. Työn tavoite oli saada koko tuotantoprosessi keräyksestä lopputuotteeksi mahdollisimman läpinäkyväksi ja virtaavaksi Lean-teorian mukaisesti.</p> <p>Tutkimuksen aikana löydettiin neljä virtausta heikentävää kehityskohdetta. Niistä yksi valittiin tämän insinöörityön aiheeksi. Aiheeksi valittiin tuotannossa olevan vinoparkin kehittäminen. Vinoparkki on eräänlainen puskuri, josta venttiilit lähtevät toimilaitteen ja sen osien eli yhdistelmän osien keräilyyn. Tässä keräysprosessissa huomattiin useita epäkohtia, jotka voidaan korjata yhdistämällä alku- ja loppupään prosesseja.</p> <p>Ratkaisuna päädyttiin yhdistämään venttiilin ja yhdistelmäosien keräys prosessin alkuvaiheessa. Päätöksen myötä yhdistelmät onnistuttiin saamaan nopeammin kokoonpanoon, ilman odotusta ja tavaroiden turhaa liikuttelua. Tutkimus ja kehitysprojekti oli aiheellinen ja hyödyllinen tuotannon sujuvuuden takaamiseksi.</p>	
Avainsanat	sisälogistiikka, Lean, tuotanto

Author Title	Antti Suni Inhouse logistics based on Lean-thinking
Number of Pages Date	26 pages + 2 attachments 19.03.2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Management and Engineering
Specialisation option	Supply Chain Management and Business
Instructor	Jarmo Toivanen, Senior Lecturer
<p>The production process of a factory was developed according to the lean theory. The factory's main focus is to manufacture industrial valves and actuators. In theory section of the thesis there are topics that support the study, such as in inhouse logistics and the basics of the lean theory. In the practical part the former process and the new process and information about the development between them are studied.</p> <p>The need for development was acknowledged after noticing that there was not enough work in the topwork assembly area and employees had to wait for work to come. There are many phases in the production process chain and they have to flow fluently to ensure enough work also at the end of the process chain. The aim of the study is to make the whole process chain more visible and flowing from collecting the parts to the end product assembly and the processes in between, according to lean theory.</p> <p>Four defects that reduced the process chain flow in the production were found during the study. One of these defects was chosen as the main subject for the study. The chosen subject was to develop the storage buffer called Vinoparkki. Vinoparkki storage buffer is meant for valves which are going to topwork collection. Many defects were detected along the process and they could be fixed by combining the processes to improve the flow.</p> <p>As a solution the study ended up with combining the collecting of the valve and topwork parts into the same process at the start of the process chain. After combining the processes into one it was faster to start the topwork assembly without waiting and moving pallets back and forth to the main storage. The study was well grounded and beneficial to guarantee the fluent flow in the production process chain.</p>	
Keywords	Inhouse logistics, Lean, Production

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Sisälogistiikka	3
2.1	Materiaalivirtojen suunnittelu ja ohjaus	3
2.2	Imu- ja työntöohjaus	4
2.3	Varastointi	6
2.4	MTS- ja MTO-tuotanto	8
3	Lean-teoria	9
3.1	Lean käsitteenä	9
3.2	Just-In-Time-tuotantoperiaatteet	11
4	Metso Flow Control Oy, Vantaa	13
4.1	Metso	13
4.2	Value Stream -tuotantolinjat	14
	ATO ja Stock stream	14
	Special stream ja Heavy stream	15
5	Tuotantoprosessin kehitysprojekti	16
5.1	Projektin tavoitteet	16
5.2	Prosessin lähtötilanne ja kehitetty nykytilanne	16
5.3	Kehitystoimenpiteet	19
5.4	Projektin eteneminen	20
6	Johtopäätökset	23
7	Yhteenveto	25
	Lähteet	26
	Liitteet	
	Liite 1. Prosessikaaviot	
	Liite 2. Tehtaan layout	

Lyhenteet ja käsitteet

SPEVA1	Pieni venttiili, jota ei maalata
SPEVA2	Pieni venttiili, joka maalataan
SPEVA3	Iso venttiili, jota ei maalata
SPEVA4	Iso venttiili, joka maalataan
Yhdistelmä	Venttiilistä ja siihen yhdistettävästä toimilaitteesta ja sen instrumentoinnista valmistuva lopputuote
AGV	Automaattitrucki, joka kuljettaa lavoja esimerkiksi keräyksen ja tuotannon välillä
Vinoparkki	Puskuri, josta keräilijät hakivat valmiit venttiilit yhdistelmäosien keräykseen
Bareshaft	Venttiili, jolle ei tule yhdistelmäosia
KET	Keskeneräinen tuotanto

1 Johdanto

Insinööritö tehdään Vantaan Metso Flow Control Oy:lle, joka valmistaa teollisuusventtiileitä, toimilaitteita ja asennoittimia. Tehtaalla koneistetaan osa venttiilien osista itse ja osa ostetaan alihankkijoilta. Valmiin venttiilin ja toimilaitteen yhdistelmää eli lopputuotetta kutsutaan yhdistelmäksi. Venttiilejä ja niiden yhdistelmiä kokoonpannaan Vantaan toimipisteessä kolmella eri osa-alueella: ATO ja Stock stream, Special stream ja Heavy stream -tuotantolinjoissa. Tässä työssä käsitellään Special Stream -tuotantolinjaa ja sen tuotantoon vaikuttavia prosesseja.

Työn tarkoituksena on tutkia uuden sisälogistiikan tuotantoketjun sopeutumista nykyisiin tuotantotiloihin ja toimintoihin Special stream -tuotantolinjalla Lean-teorian pohjalta. Tuotantoketjun tutkimistarve alkoi, kun keräysprosessia päätettiin muuttaa pienissä venttiileissä. Päätös keräysprosessin muutoksesta kehittyi, kun havaittiin, että nykyinen prosessi ei kykene vastaamaan yhdistelmäkokoonpanon imuun ajoissa, mistä koitui työnodotusta ja lopputuotteiden läpimenoaikojen pidentymistä tuotannossa.

Insinööritöyön tavoitteena on selvittää kehitetyn sisälogistiikan tuotantoketjun prosessin hyödyt ja haasteet. Entisessä tuotantomallissa vain venttiilin osat kerättiin lavalle, jonka jälkeen tuotantoprosessi lähti käyntiin ja yhdistelmäosat kerättiin vasta venttiilin valmistuksen jälkeen. Yhdistelmäosien keräämisestä koitui ylimääräistä tavaroiden siirtelyä, mikä näkyi läpimenoajoissa viiveenä. Kehitetystä tuotantomallista venttiilin ja yhdistelmän osat kerätään samaan aikaan prosessin alussa. Tämä tuo muutoksia koko sisälogistiikan tuotantoketjuun, minkä vuoksi tuotantoketjusta pitää tutkia muutoksen hyödyt ja mahdolliset haitat. Käyn työn aikana läpi Special streamiin liittyvät sisälogistiikan tuotantoprosessit osien keräilystä lopputuotteeseen asti ja välissä olevien prosessien muutokset keräysprosessin muutoksen myötä.

Insinööritöyössä käydään aluksi läpi kaksi eri taustaosuutta. Luvussa 2, käydään yleisesti läpi sisälogistiikkaa tuotannollisen ympäristön näkökulmasta ja selvitetään termin merkitys ja mitä se sisältää. Luku 3 käsittää Lean-ajatus- ja toimintamallin. Tämän jälkeen tarkastellaan tutkimuksen kohdeyritystä eli Vantaan Metso Flow Control Oy:n tehdasta ja sen tuotantoa. Venttiilien ja yhdistelmien tuotanto on jaettu kolmeen eri arvovirtaan, joiden tarkoitus käydään myöhemmin tarkemmin läpi.

Yritysesittelyn jälkeen tarkastellaan Special streamin entistä ja uutta toimintamallia kerräilystä lopputuotteeseen. Aluksi käydään läpi prosessiketju ennen uuden toimintamallin implementointia, ja tämän jälkeen käydään uusi toimintamalli läpi. Lopuksi vertaillaan kehityksen tuloksia. Tässä osiossa käydään läpi myös mahdolliset jatkokehitystoimenpiteet ja riskit tulevaisuudessa.

2 Sisälogistiikka

Logistiikka on hankintojen, kuljetusten sekä varastoinnin (sekä niihin liittyvien tietovirtojen) strategista hallintaa yrityksessä ja jakeluketjussa siten, että nykyinen ja tulevaisuuden kannattavuus maksimoituu tilausten kustannustehokkaan toteutuksen kautta. (1, s. 462.) Logistiikan voi jakaa kahteen osa-alueeseen: sisäiseen ja ulkoiseen logistiikkaan. Yrityksen sisäisten materiaalivirtojen suunnittelua ja ohjausta nimitetään sisäiseksi logistiikaksi. Ulkoisella logistiikalla viitataan puolestaan yrityksen ulkopuolisten materiaalivirtojen hallintaan. Tässä insinööriyössä keskitytään sisäisen logistiikan prosesseihin ja niiden kehittämiseen. (1, s. 461-462.)

2.1 Materiaalivirtojen suunnittelu ja ohjaus

Toimitusketjun hallinta on toimittaja- ja asiakassuhteiden hallintaa, jonka tavoitteena on maksimoida loppuasiakkaan saama hyöty siten, että koko toimitusketjun kustannukset ovat mahdollisimman pienet. (1, s. 465.) Insinööriyössä käytetään tätä ajattelutapaa myös sisäisessä logistiikassa eri prosessien vaiheiden välillä.

Hyvin organisoidulla ja ohjatulla toimitusketjulla voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä, lyhentää läpimenoaikoja ja parantaa tuotteiden saatavuutta. Nykyaikaisissa toimitusketjuissa pyritään vähentämään tai poistamaan välivarastoja. Toimitusketju rakennetaan yhä enemmän tuotannon joustavuuden ja toimitusten nopeuden varaan. Toimitusketjun kehittäminen näin ollen edesauttaa kilpailuedun saamista, koska pääomaa sitovia välivarastoja ei synny. (1, s. 465-466.)

Prosessi on toisiinsa liittyvien tapahtumavaiheiden ja tehtävien muodostama kokonaisuus, joka alkaa asiakkaan tarpeesta ja päättyy asiakkaan tarpeen tyydyttämiseen. Sisäinen logistiikka koostuu tehtaan sisällä tapahtuvasta logistiikkaprosessista ja siihen kuuluvista vaiheista. Prosessin vaiheisiin voi kuulua tuotteen lisäarvoa tuottavaa työtä tai hukka-aikaa tuottavaa työtä. Logistiikassa pyritään saamaan ylimääräinen hukka-aika minimoitua, jotta saadaan siitä koituvat ylimääräiset kustannukset myös minimoitua. Tuotannossa hukka-aikaan kuuluu esimerkiksi tavaroiden siirtely, varastointi ja ylimääräinen korjaus. Hukka-aika on siis työtä, joka ei edesauta suoraan tuotteen valmistamista. Lisäarvoa tuottavaa työtä on esimerkiksi tuotteen osien keräys, kokoonpano ja maalaus. Prosessin tulee olla standardoitu ja kaikkien sidosryhmien tiedossa. Hyvään

prosessiin liittyy keskeisesti johtaminen eli se, että prosessilla on mittarit, joita seurataan. Mittareiden avulla saadaan nykytila selville ja huomataan kehittämisen tarve. (2.)

2.2 Imu- ja työntöohjaus

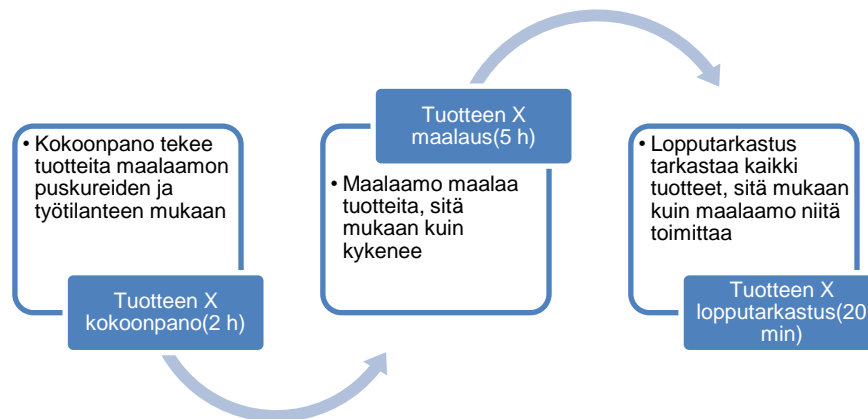
Imu- ja työntöohjaus ovat materiaalinohjausmääritelmiä virtausprosessissa. Sisälogistiikassa on sisäisiä asiakkaita ja toimittajia valmistusprosessin aikana. Esimerkiksi kuvassa 1 X-tuotteen prosessiketjussa kokoonpano on maalauksen toimittajana ja maalaus kokoonpanon asiakas. Lopputarkastus on viimeinen asiakas, jonka toimittajana on maalaamo. Imuohjauksessa kokoonpano ja maalaus tekevät tuotteita sitä mukaa, kuin lopputarkastus niin vaatii, eli imun aiheuttavan vaiheen puskureiden ja aikataulujen mukaan. Tarkastusajankohdat voidaan esimerkiksi määritellä ennen tuotteen valmistuksen aloittamista, ja kaikkien tarkastusta ennen olevien vaiheiden tulee pyrkiä tähän. Työntöohjauksessa kokoonpano laittaa prosessin etenemään ja tekee tuotteita oman kapasiteettinsa mukaan ja ns. työntää tuotteet prosessin sisäisille asiakkaille, joiden tulee mukautua siihen.



Kuva 1. Esimerkki tuotteen valmistusprosessista

Työntö- ja imuohjausta voidaan käyttää erilaisissa tuotantoympäristöissä. Työntöohjausta voidaan esimerkiksi käyttää silloin, kun on selkeä määränpää. Tavoitteena voi olla esimerkiksi, että kahden viikon päästä pitää olla 100 kpl X-tuotetta tehtynä. Tällöin voidaan määritellä, että kokoonpano toimii työntöohjauksella ja tekee niin nopeaan tahtiin, kuin kykenee, ja seuraavien vaiheiden pitäisi mukautua valmistusmäärän mukana. Tämä vaatii kuitenkin hyvin tarkkaa suunnittelua ja läpinäkyvyyttä jokaisen vaiheen välillä, jotta loppuvaiheet osaavat myös varautua kuormaan. Usein työntöohjaus johtaa kuitenkin välivarastoihin, koska seuraavat vaiheet eivät pysty sopeutumaan kuormaan. Vaiheiden kapasiteetti tulisi määritellä hyvin tarkasti, jotta pullonkauloja eli välivarastoja ei syntyisi. Prosessin eri vaiheiden läpimenoajat myös usein vaihtelevat. Kokoonpanon läpimenoaika voisi olla esimerkiksi kaksi tuntia, maalauksen läpimenoaika viisi tuntia ja lopputarkastus 20 minuuttia kappaletta kohti, niin kuin kuvassa 2 on määritelty. Tästä huomataan

heti, missä pullonkaula syntyy, ja voidaan pohtia, että mahdollisesti maalaamoon suuntaan tulisi olla imuohjaus ja maalaamo voisi toimia työntöohjauksella.



Kuva 2. Esimerkki tuotteen valmistusprosessista

Tällaisessa tilanteessa pitää määritellä prosessien vaiheiden kapasiteetit ohjauksen mukaan. Usein kuitenkin tuotantoympäristössä läpimenoajat vaihtelevat tuotteiden mukaan, jolloin on vaikeaa määritellä sopivaa kapasiteettia. Kokoonpanossa on helposti liikaa tai liian vähän kapasiteettia, mikäli esimerkiksi maalaamon läpimenoajat vaihtelevat suuresti. Voidaan ottaa esimerkkinä, että maalaamon läpimenoaikahaarukka on 1–8 h ja kokoonpanon läpimenoaikahaarukka 2–3 h tuotetta kohti. Haarukan mukaan voi käydä niin, että maalaamon tulee vain yhden tunnin maalauksia, vaikka tuotteen kokoonpano kestää vähintään kaksi tuntia. Tämä tarkoittaa, että kokoonpano ei pysy maalaamon perässä samalla kapasiteetilla. Välillä voi olla taas toisin päin, että kokoonpano tekee vain kahden tunnin tuotteita ja niiden maalaus kuitenkin kestää kahdeksan tuntia. Tässä on tärkeässä osassa tuotannonsuunnittelu. Järjestelmässä tulisi näkyä tulevaisuuden kuorma ja kuorman tuotteiden läpimenoajat vaiheittain. Tuotantomäärät ja aikataulut tulee suunnitella kapasiteetin ja tuotteiden läpimenoaikojen mukaan, mutta kuitenkin asiakkaan kanssa sovitun valmistuspäivämäärän puitteissa. Silloin, kun tilauskanta tiedetään hyvissä ajoin, tuotannonsuunnittelu virtauksen edistämiseksi voidaan tehdä. (1, s. 422-423.)

2.3 Varastointi

Tuote- ja materiaalivarastot ovat välttämättömiä lähes kaikille yrityksille. Varastoinnilla pyritään varmistamaan toimitusvarmuus asiakkaalle ja parantamaan tuotannon eri vaiheiden keskeyttämätöntä ja sujuvaa virtausta. Varastoihin sitoutuu merkittävästi pääomaa ja muita kustannuksia. Raaka-aineissa ja komponenteissa on eripituiset toimitusajat ja tarpeet, joten osaa niistä kannattaa varastoida ja osa kannattaa ostaa tarpeen tullen.

Tuotannossa varastoja käytetään seuraavista syistä:

- toimituskyvyn turvaavat varastot – Puskurivarastot
- kausivaihteluiden hallinta
- työvaiheiden kytkeminen – Välivarastot
- valmistuksen taloudellisesta eräkoosta johtuvat varastot
- kuljetusten ja siirtojen aiheuttamat varastot
- tuotantoprosessin ja toimintojen virheiden varalta pidettävät varastot.

Varastojen suunnittelussa on tärkeää pohtia, onko varasto oikeasti tarpeellinen vai voiko virtausta kehittää niin, että tavara kulkeutuisi eteenpäin asiakkaalle tai lisäarvoa tuottavalle työlle heti sen saavuttua. Tämä riippuu asiakkaalle sovitusta toimitusajoista ja osien saatavuudesta. Kannattavassa materiaalin hallinnassa pyritään minimoimaan varastot ja sitä kautta minimoimaan niihin sitoutunut pääoma, jota ei voi varastointi hetkellä hyödyntää. (1, s. 449-450.)

Materiaalipuskurit voidaan sijoittaa periaatteessa seuraavilla tavoilla:

- Tuotteet valmistetaan varastoon.
- Osat valmistetaan varastoon, ja kokoonpano tehdään tilauksen pohjalta.
- Raaka-aineet varastoidaan, ja valmistus tehdään tilauksen perusteella.

- Materiaalit, joiden toimitusaika on pitkä, ostetaan varastoon, ja muiden osien hankinta ja valmistus tehdään tilauksen perusteella.
- Valmistus ja materiaalien hankinta tehdään tilauksen perusteella.

Edellä mainituissa esimerkeissä on tärkeää, että varastojen koot lasketaan tulevaisuuden tarpeen mukaan, mikäli tarve on tiedossa ennen osien tilaamista ja ajoitetaan tarvittavien osien saapuminen tarpeen perusteella varastoon mahdollisimman lähelle tuotannon alkamista. Tässä on riskinä toimittajien toimitusvarmuuden epäonnistuminen, jolloin tuotannon päässä on suhteellisen pieni aikaikkuna äkillisille myöhästymisille, mikä tarkoittaa myöhästymistä prosessin aikataulusta ja asiakkaan toimituspäivästä. Varastoinnin minimoimisen lähtökohtana on siis saumaton yhteistyö toimittajien kanssa. Saumatomaan yhteistyöhön ja aikatauluissa pysymiseen auttavat sopimuksien tekeminen ja niiden rikkomisesta koituvat seuraukset, kuten myöhästymissakot yms. Osakohtaisesti tulee arvioida oikean saapumispäivän arvo ja myöhästymisen riskin suuruus ja päättää, varastoidaanko tuote, jotta voidaan varmistaa oikea toimitusaika.

Esimerkkejä kannattavista varastoitavista lopputuotteista:

- massakulutustuotteet
 - lyhyt toimitusaika ja nopea varaston kierto
- kausituotteet
 - valmistus ennakoon varastoon suuren lyhyen ajan ennustetun tarpeen vuoksi

Esimerkkejä komponenteista, jotka kannattaa ostaa vasta tarpeeseen:

- arvokkaat komponentit
 - tarvepäivä tiedossa ja toimitusvarmuus hyvä
- tilauskohtaiset komponentit
 - uniikki tuote
 - toimitusvarmuus hyvä

(1, s. 446-450)

2.4 MTS- ja MTO-tuotanto

Make-To-Stock- eli MTS-tuotannossa varastoidaan valmiit lopputuotteet ennusteiden ja historiamenekin perusteella varastoon ennen tilauksen vastaanottamista. Lopputuotteiden variaatiot ovat usein minimaalisia, jotta niitä voidaan tehdä varastoon ja varmistaa niiden kierto. Varmuusvaraston koko on määritelty myytyjen tuotteiden historiatietojen ja tulevien ennusteiden mukaan. Tällä tavoin voidaan varmistaa asiakkaan vaatimat lyhyet toimitusajat, joiden ennustetaan tapahtuvan lähitulevaisuudessa. MTS-tuotannossa kuitenkin kannattaa arvioida tuotteiden varastoinnin kannattavuus eli tarkastella varastonkiertoa ja kustannuksia eri mittareiden avulla, jotta varastoon sitoutunutta pääomaa ei turhaan kasvateta. Ennustettavuus on usein hankalaa, mutta myös välttämätöntä nopean toimitusajan tilauksissa. (3.)

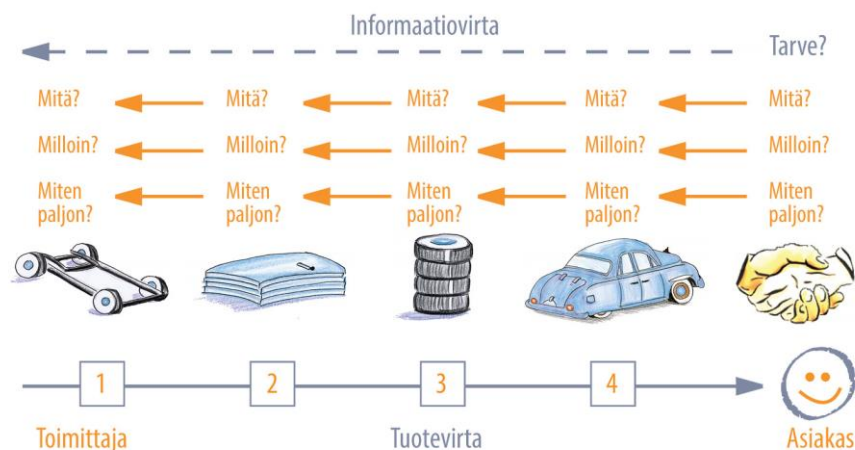
Make-To-Order- eli MTO-tuotannossa pyritään minimoimaan lopputuotevarastoja. Lopputuotteet pyritään pitämään komponentteina ja materiaaleina varastossa siihen asti, kunnes tilaus saapuu. Tämä säästää paljon varastotilaa, kun osat voidaan säilyttää hyllyissä. Varastoon sitoutunut rahallinen arvo on kuitenkin edelleen sama kuin MTS-tuotannossa, mutta varaston pinta-alaa vain tarvitaan vähemmän. MTO-tuotanto sopii tehtaaseen, jolla on laaja tuotevalikoima, jolloin tietyn tuotteen ennustettavuus on hankalaa. Tuotteet saadaan nopeasti tuotantoon ja lopputuotteeksi, kun komponentit ja materiaalit ovat valmiiksi varastossa. Tuotteen myynti tulee kuitenkin olla varaston arvoon suhteutettuna hyvällä tasolla, jotta komponenttien ja materiaalien varastonkierto olisi riittävällä tasolla. (4.)

3 Lean-teoria

Lean-filosofia lähti liikkeelle Japanista Toyotan tehtaalta toisen maailmansodan jälkeen. Tehdas tavallaan ajautui Lean-tuotantomalliin, koska Japani oli sodan jälkeen talouskriisissä ja sillä oli pulaa resursseista. Resurssipulan ja talouskriisin takia ei ollut varaa virheisiin. Tämän seurauksena Toyota päätti aloittaa tuotannon vasta, kun tilaus oli vastaanotettu, jotta voitiin taata tuotteesta saatava kassavirta. Toisin sanoen tuotanto pyöri asiakkaan imuohjauksella. (5, s. 57-58.)

3.1 Lean käsitteenä

Kuvassa 3 on visuaalisesti näytetty informaatio- ja tuotevirta Lean-teorian mukaisesti. Ensimmäisenä käsitellään informaatiovirta vaiheesta 4 taaksepäin. Tarpeesta tulee tieto, mitä, milloin ja miten paljon resursseja tarvitaan, jotta saadaan asiakkaan tarpeen tyydyttävä tuote. Tämän jälkeen, kun jokainen prosessin tuotantovaihe on tietoinen tarpeesta, viimeisenä toimittaja toimittaa tarpeelliset komponentit tehtaalle ja tuotevirta eli kokoonpano voi alkaa. Tällä tavalla kaikki ovat tietoisia tulevaisuuden työkuormasta ja osaavat varautua siihen juuri oikealla määrällä resursseja eikä välivarastoja synny. Tehdas on myös mukautuvaisempi markkinoiden muuttumiseen, esimerkiksi uuden tuotteen lanseeraamiseen vanhan tilalle, kun suuria varastoja ei ole.



Kuva 3. Lean-mallin mukainen yksinkertaistettu tuotantoprosessi. (5, s. 59.)

Lean-teoriassa tärkeintä on siis informaatiovirran läpinäkyvyys koko tuotantoketjun läpi. Tilauslähtöisen tuotannon läpinäkyvän tiedon avulla voidaan minimoida hukkatyötä. Kuvassa 4 on määritelty hukat, joita Toyota pyrki minimoimaan toimintansa avulla. Hukkien poistolla pyritään tasaiseen ja sujuvaan virtaukseen tuotannossa. Hukkien poistamisella pyritään siis poistamaan kaikki arvoa tuottamattomat eli tuotannon virtausta hidastavat vaiheet. Näiden vaiheiden työtä voidaan kutsua myös toissijaiseksi työksi. Toissijainen työ muodostuu, kun arvoa tuottavaan prosessiin tulee ongelma, joka täytyy paikata esimerkiksi uudella työvaiheella. (5, s. 60-61.)



Kuva 4. Toyotan määrittelemät hukat tuotannon näkökulmasta. (6.)

Kassavirran takaamiseksi tuotteen tuli olla myös oikean laatuinen, jotta saadaan pysyviä asiakkaita eikä reklamaatioita tulisi. Johtamismenetelmien ja tavoitteiden tuli pyrkiä tuotteen määrän, laadun ja ajoituksen oikeellisuuteen. Tehtaan filosofia oli, että ongelma oli myönteinen asia ja se piti tunnistaa, analysoida ja poistaa lopullisesti, eli ongelmien ratkaisemiselle annettiin aikaa ja resursseja ja niistä pyrittiin oppimaan.

Toyotan tehtaan tuotantomenetelmä sai Lean-nimensä vasta vuonna 1988, kun John Krafcik alkoi tutkia Toyotan kehittämää menetelmää ja nimesi sen Lean-menetelmäksi.

Hän tutki asiaa professori Christer Karlssonin kanssa, ja he päätyivät lopputulokseen, että Lean koostuu neljästä pääperiaatteesta:

- tiimityö
- viestintä
- resurssien tehokas hyödyntäminen ja hukan poisto
- jatkuvat parannukset.

Tässä listassa ovat tiivistetysti aikaisemmin mainitut Toyotan sodanjälkeiset tehtaan tuotantoa tukevat menetelmät eli toisin sanoen Lean-menetelmät. Leanin perusperiaatteena on, että tuotanto toimii kustannustehokkaasti, mutta kuitenkin aina kohottaen tilatun asiakastuotteen arvoa. (5, s. 63-64.)

3.2 Just-In-Time-tuotantoperiaatteet

Just-In-Time eli JIT on myös Japanissa kehitetty tuotantoperiaate, joka on hyvin samanlainen kuin Lean-tuotantoperiaate. Tuotantomallilla pyritään minimoimaan varastot valmistamalla tuotteita asiakkaan imuohjauksen mukaan. JIT-toimintamalli toimii tehokkaasti ja minimoi varastoon sitoutuneen pääoman, kun se toteutetaan onnistuneesti. JIT:n perusperiaatteena on, että tuotanto toimii kustannustehokkaasti asiakkaan imuohjauksella. (1. s. 428-429.)

JIT-tuotannon vahvuutena on selkeä tilauskanta, kun tiedetään tarkalleen, mitä tehdään ja milloin, koska toimitaan asiakkaan imuohjauksen mukaan. Tällöin pystytään pitämään myös keskeneräinen tuotanto mahdollisimman pienenä, mikä vähentää kustannuksia ja välivarastoja. Tuotteiden valmistusaikataulu pitää tietää hyvin tarkkaan, jotta voidaan luvata aikataulu, joka pitää paikkansa. Valmistuskaareen kuuluu erilaisia prosesseja toimittajalle lähetetystä tilauksesta tuotteen valmistukseen ja asiakkaalle toimittamiseen.

Suoraan tarpeeseen valmistus myös ns. pakottaa tuotannon välittömään virheiden korjaamiseen, koska välivarastoja varaosille ei juurikaan pidetä. Tuotteen pitää mennä kerralla tuotantoprosessin läpi, jotta voidaan toimia tämän periaatteen mukaan. Yksikin virhe tuotannossa tarkoittaa tuotteen myöhästymistä, kun yritetään saada tuote asiakkaalle valmiiksi juuri oikeaan aikaan. Tuotanto on hyvin riippuvainen toimittajista ja niiden tuottamasta laadusta. Toimittajilta tulee vaatia laatua ja tarkkaa toimitusvarmuutta, jotta asiakkaalle voidaan luvata tuote tiettyyn aikaan ennen osien tilaamista ja vain valmistusaikataulun puitteissa. JIT ja Lean toimivat tehtaassa, jolla on luotettavat toimittajat, jotka eivät tee virheitä. Silloin, kun toimittajat toimittavat oikeaa laatua oikeaan aikaan, pitää vain varmistaa, että tehtaan prosessit on kelloitettu oikein ja ne toimivat prosessista luotujen ohjeiden mukaisesti. Kuvassa 5 on vielä SWOT-tilukko(strengths, weaknesses, opportunities and threats) aiheesta havainnollistamassa. (7.)

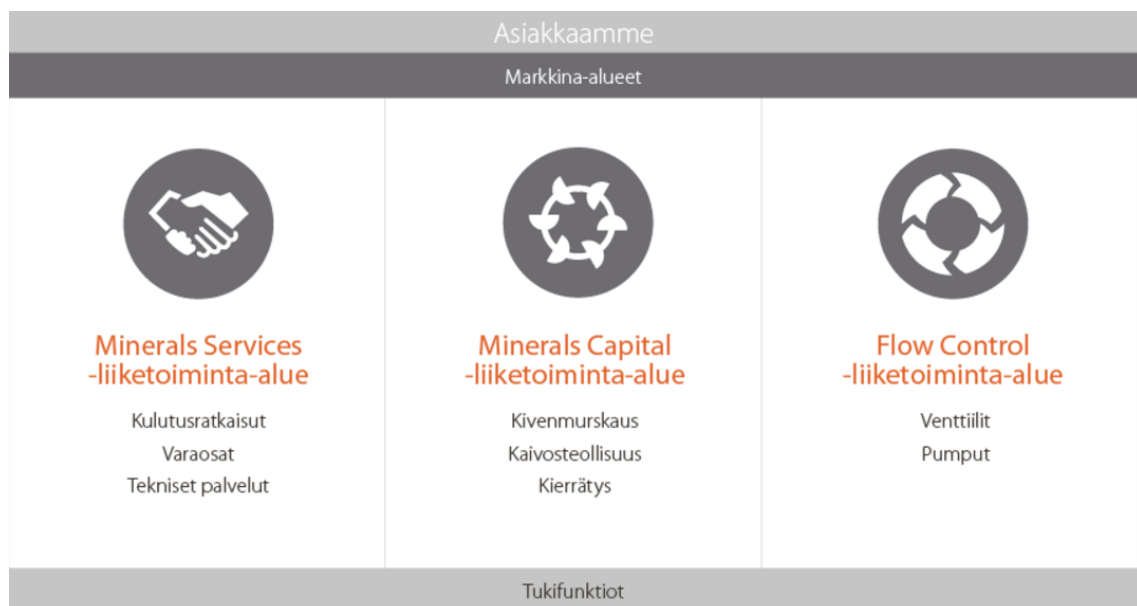
Vahvuudet: <ul style="list-style-type: none"> Selkeä tilauskanta KET minimoiminen Virheet huomataan nopeasti ja niihin voidaan reagoida Toimiva ratkaisu, kun tuotannon ja toimittajan virheet on saatu minimoidua 	Heikkoudet: <ul style="list-style-type: none"> Toimittajan toimitus epäonnistuu Herkkä tuotannon muutoksille Vaatii tarkan tuotannonohjauksen Laatuvirheisiin ei ole varaa, koska varastoa ei ole Voidaan valmistaa vain tuotteita, joiden komponenteilla on nopea toimitusaika tehtaalle
Mahdollisuudet: <ul style="list-style-type: none"> Tuotteen nopea läpimenoaika Varastoon sitoutuneen pääoman minimoiminen Sopii tuotteille, joiden materiaalit ja komponentit ovat standardoituja 	Uhat: <ul style="list-style-type: none"> Riippuvaisuus toimittajan toimituskyvystä Myöhästymisriskit laatuvirheiden/toimittajan myöhästymisen takia

Kuva 5. Just-In-Time-tuotantoa havainnollistava SWOT-tilukko.

4 Metso Flow Control Oy, Vantaa

4.1 Metso

Metso on kansainvälisesti toimiva teollisuusyritys. Se palvelee kaivos-, kivenmurskaus-, kierrätys-, öljy-, kaasu-, massa-, paperi- ja prosessiteollisuuksia, niin kuin kuvassa 6 on kuvattu. Sen tuotevalikoimaan kuuluu kaivos- ja kivenmurskauslaitteita ja -järjestelmiä sekä teollisuusventtiileitä ja venttiiliohjaimia. (8.)



Kuva 6. Metson markkina-alueet vuonna 2016 (8.)

Insinööritöä tehtiin Metso Flow Control Oy:n Vantaan-yksikölle. Flow Control -liiketoiminta-alue on osa Metson suurta palvelukokonaisuutta. Metson liikevaihto vuonna 2017 oli yli 2700 miljoonaa euroa ja liikevoitto (EBIT) 218 miljoonaa euroa. (9.) Kuvassa 7 näkyvät tarkemmin Metson vuosikatsauksen tunnusluvut.

Taloudellinen tulos

Milj. euroa	2017	2016	Muutos %
Saadut tilaukset	2 982	2 724	9
Palveluliiketoiminnan saadut tilaukset	1 897	1 741	9
% saaduista tilauksista	64	64	
Tilaukanta	1 439	1 320	9
Liikevaihto	2 706	2 586	5
Palveluliiketoiminnan liikevaihto	1 767	1 703	4
% liikevaihdosta	65	66	
Tulos ennen rahoituseriä, veroja ja aineettomien omaisuuserien poistoja (EBITA), oikaistu	244	274	-11
% liikevaihdosta	9,0	10,6	
Liikevoitto (EBIT)	218	227	-4
% liikevaihdosta	8,1	8,8	
Tulos per osake, euroa	0,68	0,87	
Vapaa kassavirta	158	339	-53
Sitoutuneen pääoman tuotto (ROCE) ennen veroja, %	10,3	10,4	
Omavaraisuusaste, %	44,5	48,0	
Nettovelkaantuneisuusaste, %	1,8	-1,8	
Henkilöstö vuoden lopussa	12 037	11 542	4

Kuva 7. Metson taloudellinen tulos vuosina 2016 ja 2017. (9.)

4.2 Value Stream -tuotantolinjat

Vantaan yksikön tuotanto on jaettu kolmeen tuotantolinjastoon: ATO ja Stock stream, Special stream ja Heavy stream -tuotantolinjoihin. Tuotantolinjoille on oma työnjohto ja erilaiset virtausprosessit. Tuotanto on jaettu eri linjoihin, koska venttiilit voi karkeasti jakaa vakio- ja tilaustuotteisiin. Venttiileitä myös on erikokoisia, mikä lajittelee venttiilit tiettyihin tuotantolinjoihin. Seuraavaksi käsitellään tuotantolinjat yksitellen ja niiden tuotantoon kuuluvat venttiilit ja yhdistelmät.

Toimilaitteet ja asennoittimet tehdään omilla tuotantolinjoilla, minkä jälkeen valmiit tuotteet varastoidaan tehtaan päävarastoon. En mainitse työssä kyseisistä tuotantolinjoista tämän enempää, koska ne eivät liity tutkimukseen.

ATO ja Stock stream

ATO ja Stock streamin tilaukseen tuotteet koostuvat pääasiassa vakiomateriaaleista ja niistä koostuvista komponenteista. Nämä kaksi tuotantolinjaa on yhdistetty samaan työnjohtoalueeseen, koska molemmat tuotantolinjat käyttävät vakio-osia. ATO:ssa tehdään venttiilit itse ja yhdistelmä tämän jälkeen. Stockissa tehdään vain yhdistelmiä valmiista ulkopuolelta tulleista venttiileistä.

Alueelle on varastossa valmiiksi komponentteja lopputuotteita varten. Komponenttien varastointi varmistaa osien saatavuuden ja toimitusaikojen pitävyyden. Nimikkeiden varastopuskurit on laskettu historiatietojen ja ennusteiden perusteella. Lopputuotteet ovat pääosin yksinkertaisia kokoonpanotöitä, joilla on nopea läpimenoaika tuotannossa. Näin ollen varaston kierto on myös nopeaa, eivätkä tuotteet jää pitkäksi aikaa varastoon odottamaan. Lopputuotteet tehdään kuitenkin MTO-tuotantoperiaatteella eli suoraan tilaukselle.

Special stream ja Heavy stream

Tuotantolinjoilla tehdään pääosin tilauskohtaisia ja uniikkeja tuotteita asiakastarpeen mukaan. Venttiileissä käytetään erikoismateriaaleja ja maalauksia. Yhdistelmän toimilaitte on usein vakio, mutta instrumentointi on asiakkaan tarpeen mukainen yksilökohtaisesti. Työnjohtoalueilla tehdään pääasiassa siis projektitöitä asiakkaalle. Töiden läpimenoaika on tuotannossa pitempi kuin ATO ja Stock streamissa, koska erilaisten töiden skaala on niin suuri.

Special- ja Heavy-tuotantolinjat ovat hyvin samantapaisia tuotteidensa erikoisuuden puolesta. Heavyllä tehdään vain suurimmat venttiilit ja yhdistelmät projekteista ja päivitystäismyynnistä. Tämä tuotantolinjajaottelu helpottaa tuotteiden kokoonpanoa, kun työkalut ja erikoisvälineet on suunniteltu tiettyä paino- ja kokoskaalaa varten.

Tuotantoa varten ei juurikaan varastoida tuotteita ennen tarvetta, koska komponentit ovat usein uniikkeja ja arvokkaita. Arvokkaimmat ja uniikit komponentit pyritään valmistamaan tai tilaamaan varastoon kahta viikkoa ennen tuotteen valmistuksen aloittamista, jotta varaston arvo pysyy mahdollisimman vähäisenä. Yleisimmät, edulliset ja standardit komponentit, kuten liittimet ja putket, löytyvät suoraan varastosta, koska ne tilataan kaksilaatikkojärjestelmällä. Venttiilien osien valokset tilataan heti tilauksen tullessa toimittajalta, jotta voidaan varmistaa luvattu toimitusaika asiakkaalle. Valut työstetään usein Metson omassa koneistuksessa tarvittaviksi nimikkeiksi.

5 Tuotantoprosessin kehitysprojekti

5.1 Projektin tavoitteet

Insinööritoiminnan projektin tavoitteena oli parantaa Special Streamin pienen yhdistelmäkokoonpanon läpimenoaikoja ja varmistamaan töiden riittävyys yhdistelmäpuolella. Ongelmana oli, että yhdistelmäpuolella havaittiin paljon työnodotusta, mikä tarkoittaa, että koottavaksi tarkoitettuja yhdistelmiä ei ollut tuotantopuskureissa, vaikka venttiilipuolella riitti töitä. Tämän syytä lähdettiin selvittämään ja yhdeksi ratkaisuksi päädyttiin keräilytavan muutokseen. Isojen eli SPEVA3- ja SPEVA4-venttiilien ja yhdistelmien valmistusprosessi etenee lähtötilanteen prosessin mukaisesti edelleen, koska venttiilit ja toimilaitteet ovat niin isoja, että ne eivät mahdu samalle lavalle. Toimilaitteet eivät myöskään mahdu tavalliselle hyllypaikalle.

5.2 Prosessin lähtötilanne ja kehitetty nykytilanne

Special Streamin pienet venttiilit on jaettu maalattaviin ja kirkkaisiin venttiileihin. Kirkkaita venttiileitä ei siis maalata, koska ne ovat ruostumatonta materiaalia. SPEVA1 venttiilit ovat kirkkaita venttiileitä ja SPEVA2 venttiilit maalattavia. Prosessit on määritelty visuaalisesti prosessikaaviossa, joka on työn lopussa liitteenä 1. Liitteissä on myös tehtaan layout merkintöineen (liite 2). Layoutista saa kokonaiskuvan tehtaasta ja varaston ja tuotannon välisistä reiteistä.

Prosessin lähtötilanne

Keräily

Tilaukseen tuli asiakkaalta tilaus ja sille määritelty aloituspäivämäärä tuotannossa. Keräily tulosti keräilylistat aloituspäivämäärän mukaan, minkä jälkeen keräily lähti käyntiin. Aluksi kerättiin vain venttiilin osat, vaikka tilauksella olisikin ollut myös toimilaitteita. Venttiilin osat laitettiin puskuriin odottamaan, että automaattitrukki AGV hakee ne tuotantoon. Keräily toimii tuotannon imuohjauksella. Isoille ja pienille venttiileille on määritelty puskuripaikat ja määrät. Näiden puskuripaikkojen pitäisi koko ajan olla lähes täynnä, jotta taataan katkeamaton työmäärä tuotantoon. Puskuripaikkojen lukumäärä on suunniteltu Leanin mukaisesti, juuri tarpeeseen sopivaksi, jotta ei syntyisi välivarastoja.

Tuotanto

Tuotannossa oli neljä puskuripaikkaa, joihin AGV voi tuoda lavat. Osastonjärjestelijä määritteli tietokoneelta tarpeen lavalle, jolloin AGV sai tiedon tarpeesta ja lähti toteuttamaan sitä. Kokoonpanija otti lavan puskurista työpöytänsä viereen pumppukärryillä ja kokosi venttiilin. Tämän jälkeen osastonjärjestelijä toimitti tyhjän lavan pois ja kokoonpanija siirsi valmiin venttiilin testijonoon odottamaan venttiilin tiiviyskoetta. Kokoonpanija näki visuaalisesti puskuritilanteen ja otti sieltä töitä, kun oli saanut edellisen valmiiksi. Hyväksytyn tiiviyskokeen jälkeen SPEVA2-venttiili laitettiin puskuripaikalle odottamaan, että osastonjärjestelijä vie sen trukilla maalaamoon. SPEVA1-venttiilin testaajat veivät suoraan vinoparkkiin hyväksytyn testin jälkeen odottamaan, että keräilijät hakevat sen ja keräävät muut tarpeelliset yhdistelmän osat. Lavaan merkittiin samalla liukuva numerolappu, jolla saatiin keräykseen menevät lavat kulkeutumaan FIFO-menetelmällä.

Maalaamo

SPEVA2-venttiili kulkeutui maalaamon puskuriin. Venttiili tarvittaessa hiekkapuhalletaan ja suojataan, minkä jälkeen se laitetaan maalaukseen. Maalauksen läpimenoajat ovat hyvin vaihtelevia riippuen maalista. Läpimenoaikahaarukka venttiilille maalauksessa on 12 h – 48 h. Venttiilin valmistuttua maalaamossa se laitetaan vinoparkkiin odottamaan yhdistelmäosien keräystä. Lavaan merkittiin samalla liukuva numerolappu, jolla saatiin yhdistelmäkeräykseen menevät lavat kulkeutumaan FIFO -menetelmällä.

Keräily

Keräilyn henkilökunta kävi tarkastelemassa vinoparkkia useita kertoja päivässä ja otti venttiileitä keräykseen numerolapun mukaan vanhimmasta uusimpaan. Keräyksen jälkeen he sijoittivat lavan puskuriin odottamaan, että AGV hakee sen tuotantoon.

Tuotanto

AGV toi lavan yhdistelmäkokoonpanijan puskuripaikalle, ja hän aloitti kokoonpanon. Kokoonpanon jälkeen valmis yhdistelmä eli lopputuote laitettiin takaisin lavalle ja osaston järjestelijä vei sen joko asiakastarkastukseen jatkotoimenpiteisiin tai suoraan pakkaamoon.

Prosessin kehitetty nykytilanne

Keräily

Tilaukantaan tulee asiakkaalta tilaus ja sille määritelty aloituspäivämäärä tuotannossa. Keräily tulostaa keräilylistat aloituspäivämäärän mukaan, minkä jälkeen keräily lähtee käyntiin. Venttiilit ja toimilaitteen osat kerätään molemmat samaan aikaan alussa samalle lavalle. Tämä on pienissä yhdistelmissä mahdollista, koska osat eivät vie paljoa tilaa. Lavat merkitään uniikilla tilausnumerolla. Venttiilin ja yhdistelmän osat laitetaan puskuriin odottamaan, että AGV hakee ne tuotantoon. Keräily toimii tuotannon imuohjauksella. Isoille ja pienille venttiileille on määritelty puskuripaikat ja määrät. Näiden puskuripaikkojen pitäisi koko ajan olla lähes täynnä, jotta taataan katkeamaton työmäärä tuotantoon. Puskuripaikkojen lukumäärä on suunniteltu Leanin mukaisesti, juuri tarpeeseen sopivaksi, jotta ei syntyisi välivarastoja.

Tuotanto

Tuotannossa on neljä puskuripaikkaa, joihin AGV voi tuoda lavat. Osastonjärjestelijä määrittelee tietokoneelta tarpeen lavalle, jolloin AGV saa tiedon tarpeesta ja lähtee toteuttamaan sitä. Kokoonpanija ottaa lavan työpöytänsä viereen pumppukärryllä ja venttiilin osat työpöydällensä. Venttiilin valmistuttua kokoonpanija siirtää venttiilin testijonoon tiiviyskoetta varten. Kokoonpanija näkee visuaalisesti puskuritilanteen ja ottaa sieltä töitä, kun on saanut edellisen valmiiksi. Osastonjärjestelijä laittaa loput lavalla olevat osat eli yhdistelmän osat viereiseen hyllyyn odottamaan venttiilin valmistumista. Hyllypaikkoja tehtiin 42, ja ne määritettiin venttiilin valmistumismäärän ja maalaamon läpimenoajan mukaan. Hyväksytyn tiiviyskokeen jälkeen SPEVA2-venttiili laitetaan puskuripaikalle odottamaan, että osastonjärjestelijä vie sen trukilla maalaamoon. Testaaja toimittaa SPEVA1-venttiilit puskuriin, mistä osastonjärjestelijä yhdistää ne tilausnumeron perusteella oikealle, valmiiksi aikaisemmin kerätylle lavalle, jonka jälkeen yhdistelmäkokoonpano alkaa.

Maalaamo

SPEVA2-venttiili kuljetetaan maalaamon puskuriin osastonjärjestelijän toimesta. Venttiili tarvittaessa hiekkapuhalletaan ja suojataan, minkä jälkeen se laitetaan maalaukseen. Maalauksen läpimenoajat ovat hyvin vaihtelevia riippuen maalista. Läpimenoaikahaarukka venttiilille maalauksessa on 12 h – 48 h. Venttiilin valmistuttua maalaamossa se laitetaan maalaamon toimesta tuotannon ja maalaamon välillä liikuteltavaan kärryyn.

Tuotanto

Osastonjärjestelijä yhdistää venttiilin tilausnumeron perusteella oikealle, valmiiksi aikaisemmin kerätylle lavalle, minkä jälkeen yhdistelmä kokoonpano alkaa. Kokoonpanon jälkeen valmis yhdistelmä eli lopputuote laitetaan takaisin lavalle ja osastonjärjestelijä vie sen joko asiakastarkastukseen jatkotoimenpiteisiin tai suoraan pakkaamoon.

5.3 Kehitystoimenpiteet

Lähtötilanteen vinoparkkimallissa tarkoituksena oli vähentää välivarastoja poistamalla tuotannosta kaikki hyllyt ja pyrkiä sujuvaan virtaukseen vain 10 lattialla olevalla lavapaikalla eli vinoparkilla. Tämä malli oli käytössä, kun saavuin taloon, ja sen kehittäjä oli poistunut talosta. Lähtötilanteen ensimmäinen ongelma on kuitenkin vinoparkin sijainti. Vinoparkki on hyvä visuaalinen näkymä tuotannolle, jotta tiedetään, kuinka monta yhdistelmää lähitulevaisuudessa on tulossa, kunhan venttiilien yhdistelmät saadaan vain kerättyä. Ongelmaksi koitui, että keräily ei nähnyt vinoparkkia, ellei sieltä joku tullut katsomaan tilannetta. Vinoparkki oli kuitenkin keräilyn työjono. Erilaisten yhdistelmien läpimenoajat kokoonpanossa ovat myös hyvin vaihtelevia, joten oli hankala arvioida, kuinka monta yhdistelmää päivän aikana kuuluisi kerätä. Pienen yhdistelmän läpimenoaikaहारukka on 30 min – 4 h. Välillä oli sellainen tilanne, että vinoparkki olikin tyhjä hetkellisesti ja keräily huomasi sen ja seuraavan kerran, kun he tulivat katsomaan, venttiileitä olikin jo enemmän ja ne olivat odottaneet keräilyä tietyn ajan. Turhaa odotusta siis syntyi jatkuvasti, koska keräily ei tiennyt, kuinka monta ja missä ajassa yhdistelmiä tulisi kerätä. Tavaroiden siirtelyä oli myös paljon, koska keräilijöiden piti tulla hakemaan venttiili vinoparkista ja keräyksen jälkeen AGV:n piti vielä noutaa lava keräilystä tuotantoon takaisin. Tähän kaikkeen kului paljon aikaa, mikä näkyi läpimenoajoissa viiveenä ja yhdistelmäkokoonpanon työnodotuksena. Maalaamon suuren läpimenoaikaहारukan ja tuotannon aikaisten venttiilien asiakastarkastusten takia vinoparkki usein täyttyi yli suunniteltujen lavapaikkojen. Välillä oli tilanteita, että suunnitelluilla kymmenellä lavapaikalla oli 30 venttiiliä sijoitettu lavoineen päällekkäin, jolloin FIFO-periaate sumentui, kun vanhimmat olivat alla ja uusimmat päällä. Tästä taas syntyi turhaa lavojen nostelua ja siirtelyä.

Nykytilan mallilla pyrittiin minimoimaan tavaroiden edestakaisin kuljettelu ja yhdistämään prosessit tukemaan sujuvampaa virtausta, minkä ansiosta saataisiin yhdistelmäkokoonpanoon työt ajallaan eikä työnodotusta syntyisi. Yhdistämällä venttiili- ja yhdistelmäke-

räyksen poistettiin lähtötilanteen prosessikaaviosta kokonaiset kolme prosessia. Samalla poistettiin venttiilin yhdistelmäosien keräilyn odottaminen vinoparkissa ja vielä valmiin keräyksen puskurissa odottaminen AGV:n noutoa tuotantoon. Molempiin näistä kuului aina X-määrä aikaa. Tuotantoon rakennettiin hyllyt yhdistelmäosien välivarastointia varten. Kun yhdistelmäosat ovat hyllyssä, venttiili kuitenkin on koko ajan lisäarvoa tuottavassa työssä, joten varastoinnista ei synny läpimenoajan lisääntymistä. Yhdistelmien työ määrä ohjautuu täysin venttiilin valmistumismäärän mukaan eikä keräilyssä olevan puskurin imuohjautuvuuden mukaan. Tärkeää on, että tuotteet eivät ole hyllyssä vain odottamassa. Lisäarvoa tuottavaa työtä tulee tapahtua jatkuvasti ilman tuotteen pysähtymistä tai turhaa siirtelyä Lean-teorian mukaisesti. Venttiilin valmistuttua yhdistelmäosat otetaan heti hyllystä ja lava viedään kokoonpanoon.

5.4 Projektin eteneminen

Projektia lähdettiin suunnittelemaan helmikuussa vuonna 2017. Omien huomioiden ja virheraportoinnin perusteella havaittiin, että yhdistelmäpuolella oli paljon työnodotusta. Tämä täytyi korjata, joten alettiin selvittää havaintojen syitä.

Selvitetyt syyt olivat seuraavat:

- venttiilien tuotannonaikaiset asiakastarkastukset
- maalauksen läpimenoaikojen suuri vaihtelu
- Bareshaft-venttiilien valmistaminen
- vinoparkin huono sijainti ja toimivuus.

Venttiilin tuotannonaikaiset tarkastukset hidastavat venttiilien läpimenoaikaa projektista riippuen huomattavasti. Venttiilit voivat välillä odottaa asiakastarkastusta viikkoja, jolloin yhdistelmäpuolelle ei riitä töitä – paitsi takautuvasti. Asiakastarkastuksissa on usein kymmeniä venttiileitä, jotka kaikki menevät maalaamon kautta tai suoraan yhdistelmäkoonpanoon suurena eränä. Tämä tekee suuria piikkejä tuotannon virtaukseen, kun pitää tehdä tietynkokoinen erä valmiiksi, ennen kuin sitä voi päästää seuraavaan vaiheeseen. Tämänkaltaiset tilanteet johtavat siihen, että aluksi yhdistelmäkoonpanossa ei

ole juurikaan töitä ja parin viikon päästä onkin kolminkertainen kuorma. Välivarastot ja tuotteiden läpimenoajat kasvavat myös huomattavasti. Tämä aiheuttaa pahimmassa tapauksessa ensimmäisinä viikkoina työnodotusta yhdistelmäkokoonpanossa ja kolmannella viikolla pitääkin tehdä viikonloppuna ylitöitä, jotta päästään toimitusaikataulun tavoitteisiin.

Maalauksen läpimenoaikojen suuri vaihtelu hankaloittaa yhdistelmäkokoonpanon virtausta, koska läpimenoajat eivät ole tuotannonsuunnittelun tiedossa. Kvartaalin keskiarvon mukaan noin 70 % Special streamin venttiileistä menee maalaamoon. Tuotannossa saatetaan tehdä aluksi venttiileitä, joissa on yhden päivän läpimenoaika, mutta seuraavana päivänä tehdäänkin vain sellaisia venttiileitä, joissa on pahimmassa tapauksessa jopa kahden päivän läpimenoaika maalaamossa. Tämä tarkoittaa, että yhdistelmäpuolelle tulee kahden päivän väli, jossa ei ole töitä.

Bareshaft-tuotteet ovat venttiileitä, jotka menevät asiakkaalle ilman yhdistelmää. Nämä venttiilit tehdään samassa kokoonpanossa kuin venttiilit, joihin tulee yhdistelmä. Ajoittain tulee projekteja, jolloin Bareshaft-venttiileitä saattaa mennä isompi erä kerralla, jolloin yhdistelmiin ei tule mitään töitä.

Insinööriyössä käsitellään pääosin vinoparkin vaikutuksia tuotantoon. Neljästä havainnosta syystä valittiin yksi ensimmäiseksi kehittämiskohteeksi. Tämä oli sellainen kehityskohde, johon pystyttiin välittömästi vaikuttamaan ja sen kehittämiseksi oli valmiiksi tarvittavat työkalut. Vinoparkin toimivuutta tutkittiin yksinkertaisesti seuraamalla tuotteen koko valmistusprosessin kulku keräilystä lopputuotteeksi. Tällä saatiin selville odotuskohdat ja reitit, joita tuote kulkee valmistusprosessin aikana. Näitä kohtia ja reittejä alettiin tutkia ja selvittää, kuinka ne saisi minimoitua. Ideoiminen tapahtui keskustelemalla näiden tietojen pohjalta silloisen kollegani kanssa. Odotusaika piti saada kokonaan pois, koska silloin lisäarvoa tuottavaa työtä ei tapahdu, ja samalla minimoida tuotteen liikkeet valmistusprosessin aikana. Keskusteluiden ja prosessin seuraamisen jälkeen huomattiin, että yhdistelmäosien keräys venttiiliin valmistuksen jälkeen on suurin syy pienen yhdistelmäpuolen työnodotukseen. Tämän havainnon perusteella pystytettiin kaksi hyllyä tuotantoon, jotta saadaan yhdistelmän osat varastoitua kokoonpanon, testauksen ja mahdollisen maalauksen ajaksi. Toisessa hyllyssä on yhdistelmän osille 12 ja toisessa 30 lavapaikkaa. Hyllyjen alimmat rivit (15 lavapaikkaa) merkitään selvityshyllyiksi. Hyllyt

piti jakaa kahteen osaan, jotta ne saatiin sijoitettua tuotannon layoutiin sopiviksi. Lavapaikkojen määrä määriteltiin venttiilien päivittäisen valmistuslukumäärän mukaan ja sen mukaan, kuinka nopeasti ne keskimäärin valmistuvat yhdistelmäkokoontamiseen.

Laskutapa

SPEVA1- ja SPEVA2-venttiilien arvioitu valmistusmäärä päivässä on yhteensä noin 15 – 20 kpl ja maalaamon maksimiläpimenoaika on noin kaksi vuorokautta. Jotkut maalaukset tosin saattavat kestää jopa viikon, mutta ne rajattiin pois tutkimuksesta, koska ne ovat harvinaisia. Kvartaalin keskiarvon mukaan noin 70% venttiileistä menee maalaamoon. Voidaan varovaisesti siis arvioida, että venttiileitä menee maalaamoon 15 päivässä ja kirkkaita venttiileitä valmistuu viisi. Aamuvuorossa testatut venttiilit vapautuvat siis maalaamosta korkeintaan kahden vuorokauden kuluttua. Näin ollen tarvitaan puskurivarasto yhdistelmän osille kahdelta valmistuspäivältä eli noin 30 lavapaikkaa. Kirkkaat venttiilit tarvitsevat vielä viisi lavapaikkaa päivässä. Yhteensä päivässä pitäisi siis maksimissaan olla 35 lavapaikkaa täynnä ja kierto olisi maalattavilla 15 lavalla aina kahden vuorokauden välein ja kirkkailla viidellä lavalla venttiilin valmistuspäivän aikana. Ongelmatilanteiden ja tuotannon vaihteluiden varalta varattiin seitsemän ylimääräistä lavapaikkaa.

Muutoksesta ilmoitettiin keräilyn ja tuotannon työntekijöiden palaverissa. Keräilytavan muutos otettiin käyttöön maaliskuussa 2017. Implementoinnin jälkeen huomattiin haasteita, koska osa maalaamosta tulevista venttiileistä oli kerätty vanhalla tavalla eli yhdistelmän osat olivat vielä päävarastossa keräämättä ja osan yhdistelmäosat olivat valmiiksi kerättynä tuotannon hyllyssä. Venttiilien yhdistelmäkeräyksen tila piti tarkistaa järjestelmästä kahden viikon ajan, jotta osattiin ohjata venttiilit oikeaan osoitteeseen eli keräilyyn tai sitten suoraan yhdistelmäkokoontamiseen puskurihyllyn kautta. Venttiilikokoontamossa kirjoitettiin venttiilin työkorttiin myös uusissa keräyksissä ”Yhdistelmäosat kerätty”, mikä helpotti osien yhdistämistä muutosvaiheessa. Kahden viikon kuluttua tuotanto alkoi sujua prosessin mukaisesti.

6 Johtopäätökset

Insinööriyönä tehty tutkimus oli aiheellinen ja tarpeellinen tuotannon virtauksen sujuvuuden varmistamiseksi. Tutkimuksessa havaittiin neljä erilaista kehityskohdetta, jotka häiritsivät yhdistelmäkokoonpanon tuotantoa. Insinööriyöhön valittiin nopeasti lähestyttävä kehityskohde eli vinoparkin kehittäminen. Yhdistelmien keräystä onnistuttiin muuttamaan tehokkaammaksi yhdistämällä alku- ja loppupään prosesseja. Kuvassa 8 on SWOT-taulukko tutkimuksen kehityskohteen nykytilanteesta.

Vahvuudet: <ul style="list-style-type: none"> • Sujuvampi virtaus venttiilikokoonpanon ja yhdistelmäkokoonpanon välillä • Tavaroiden suoraviivaisempi liikkuminen tuotannossa • Nopeampi läpimenoaika • Odotusajan minimointi 	Heikkoudet: <ul style="list-style-type: none"> • Asiakastarkastukseen ja korjaukseen x ajaksi menevien venttiilien yhdistelmäosien varastointi tuotannossa • Yhdistelmäosien varastointi tuotannossa venttiilin ongelmatilanteissa
Mahdollisuudet: <ul style="list-style-type: none"> • Jatkokehitys myös isojen venttiilien keräilylle • Moniosaamisen ja tuotannonsuunnittelun tuen kautta luoda virtaava tuotanto ilman työnodotusta loppupään prosesseissa 	Uhat: <ul style="list-style-type: none"> • Yhdistelmäkokoonpanon imu ei ole suhteessa venttiilien valmistukseen ja yhdistelmäosien varastot kasvavat tuotannossa

Kuva 8. Yhdistelmäosien keräilyprosessin kehitetty nykytilanne.

Nykytilanteessa SPEVA1-venttiilit saadaan yhdistelmäkokoonpanoon heti venttiilin testauksen jälkeen ja SPEVA2-venttiilit heti maalauksen jälkeen. Venttiilit eivät enää mene vinoparkin kautta uudelleen varaston päähän yhdistelmäosien keräykseen, vaan valmiit venttiilit yhdistetään tuotannossa olevasta hyllystä oikealle valmiiksi kerätylle yhdistelmälavalle. Tämä lyhentää huomattavasti venttiilin siirtelystä syntyviä matkoja, parantaa läpimenoaikaa tuotannossa ja sitä kautta vähentää työnodotusta yhdistelmäkokoonpanossa. Prosessin sujuvuutta on nyt tarkasteltu yli puolen vuoden ajan, ja se on toiminut hyvin silloin, kun Special streamilla on ollut töitä. Hyllypaikat ovat riittäneet tuotannon kiertoon, ja yhdistelmäkokoonpanossa on ollut riittävästi töitä.

Työnodotusta on kuitenkin havaittu uuden prosessin jälkeenkin suhteellisen paljon, koska tiettyinä aikoina Special streamissa ei ole ollut juuri mitään töitä tehtävissä osapuutteiden vuoksi, jolloin uuden prosessin tuloksia ei voi oikein verrata aikaisempaan prosessiin, jonka aikana töitä oli sopivasti. Aikaisemman prosessin aikana ei myöskään

vielä mitattu tuotannon virhetunteja nykytilan tarkkuudella, kuten työnodotusta, joten vertailutuloksia ei voida saada. Special Stream on ottanut omien töiden vähäisyyden takia töitä muilta streameilta, mikä ei ole mennyt tarpeeksi sujuvasti, jotta nykyiselle työkapasiteetille olisi ollut tarpeeksi töitä. Seurauksena oli työnodotusta tuotannossa. Tällaiseen tilanteeseen varautuminen on nyt kuitenkin kehityksen alla ja tilanteesta on opittu.

SPEVA3- ja SPEVA4-venttiilit ja niiden yhdistelmät keräillään edelleen lähtökohdan prosessin mukaisesti. Tähän on myös kehityshanke työn alla. Tarkoituksena olisi siirtää valmis venttiili suoraan yhdistelmäkokoontopisteelle ja viedä vain yhdistelmän keräyslista keräilyyn ja merkitä siihen kokoonpanopiste, johon osat pitää kuljettaa. Tällöin ei kulu turhaa aikaa siihen, että keräilijä laittaa osat odottamaan keräyspuskuriin, josta osastonjärjestelijä hakisi ne, vaan hän voisi toimittaa osat heti keräilyn loputtua kokoonpanoon ja kokoonpano voisi alkaa ilman X-aikamäärän odottamista. Kehityskohteen hyödyllisyyttä pitää vielä analysoida ja päättää, kannattaako hanke toteuttaa.

Tutkimuksessa ilmi tulleita kolmea muutakin syytä kehitetään jatkossa tuotannon virtauksen tasaisuuden takaamiseksi. Ensimmäisinä havaintoina ainakin moniosaaminen venttiili- ja yhdistelmäkokoontopanon välillä ehkäisisi työnodotuksen syntymistä entisestään. Bareshaft-venttiileille taas tarvittaisiin esimerkiksi oma linjastonsa, jotta ne eivät häiritsisi yhdistelmäkokoontopanon virtausta. Kaiken kaikkiaan myös tuotannonsuunnittelun yksityiskohtaisempi lähestyminen tuotantoon vapautettavien tilausten määrittelytavasta olisi tarpeellinen. Tilausten läpimenoajat voisivat olla tarkempia ja niiden perusteella voisi vapauttaa tilaukset päiväkohtaisesti tuotantoon niin, että työnodotusvälejä ei syntyisi. Asiakastarkastukseen menevien venttiilien pitäisi myös olla paremmin tiedossa, jotta tuotannonsuunnittelu voisi esimerkiksi ajoittaa niiden valmistuksen harvakseltaan pariin venttiiliin viikossa, jotta ne eivät heilauttaisi virtausta tai vähintäänkin mahdollisimman lähelle sovittua tarkastuspäivämäärää. Edellä mainitut kehityskohteet eivät suinkaan ole näin yksiselitteisesti ratkaistavissa, vaan niissä on taustalla monta muuttujaa, jotka pitää vielä selvittää.

7 Yhteenveto

Metso Flow Control Oy:n tehtaan tuotantoprosessia kehitettiin Lean-tuotantomallin mukaan. Lean-tuotantomallissa pyritään sujuvaan tavaroiden virtaukseen koko prosessin läpi. Prosessista pyritään minimoimaan tavaran liikkuminen ja odotus ja poistamaan kaikki arvoa tuottamattomat vaiheet eli ns. toissijaiset vaiheet, joita syntyy erilaisista ongelmista tuotannossa. Tutkimuksen aiheena oli siis sisälogistiikan kehittäminen Lean-tuotantomallin mukaisesti.

Metsolla tuotanto on jaettu kolmeen eri työnjohtoalueeseen eli streamiin. Tuotanto koostuu ATO ja Stock stream-, Special stream- ja Heavy stream-tuotantolinjoista. Tämä tutkimus tehtiin Special streamista ja sen tuotantoon liittyvästä kehitysprojektista. Kehitysprojekti sai alkunsa, kun havaittiin, että yhdistelmäkokoonpanossa kertyy paljon työn odotusta, vaikka venttiileitä valmistuisi koko ajan. Työnodotus piti siis minimoida ja selvittää, mistä se johtui. Ensimmäisenä kohteena käsiteltiin vinoparkin toimivuutta tuotannon näkökulmasta. Tutkimuksen aikana havaittiin myös muita streamin virtausta haittaavia tekijöitä, joita käsitellään tulevaisuudessa.

Vinoparkin suurimmaksi ongelmaksi todettiin sen sijainti ja yhdistelmäkokoonpanon imun tarve ja tarpeeseen ajoissa vastaaminen. Yhdistelmän osien keräilyyn tarvetta ei osattu ennakoida ajoissa, jolloin työnodotusta syntyi. Tämä pyrittiin oikaisemaan keräilemällä yhdistelmän osat samaan aikaan kuin venttiilin osat, jolloin yhdistelmä on valmis kokoonpantavaksi heti, kun venttiili valmistuu. Prosessin muutoksella saatiin vähennettyä tavaroiden turhaa liikuttelua ja odottamista. Suoraa ajallista hyötyä ei laskettu, koska venttiili odotti vinoparkissa keräämistä aina x ajan. Tiedetään kuitenkin, että tämä aika ja tavaran siirtyminen vinoparkista keräilyyn ja sieltä takaisin tuotantoon saatiin poistettua prosessista liitteen 1 prosessikaavion mukaisesti.

Haasteena jatkossa on kuitenkin yhdistelmäosien varastoiminen tuotannossa silloin, kun venttiili menee asiakastarkastukseen tai korjaukseen pidemmäksi aikaa. Nykytilan prosessi vaatii sujuvan virtauksen, jotta sillä voidaan pitää välivarastot optimaalisina eli laskettujen hyllypaikkojen puitteissa. Asiakastarkastukseen menevien venttiilien tarkastus-aikataulut ja valmistusaikataulut voisi jatkossa tehdä yhteistyössä tuotannonsuunnittelun kanssa, jotta venttiilin odottaminen tarkastukseen saadaan minimoitua ja yhdistelmäosien kierto pidettyä suunnitelman mukaisina. Tämä kuitenkin vaatii myös sitä, että tarvittavat osat ja komponentit saapuvat suunniteltuun toimituspäivämäärään mennessä.

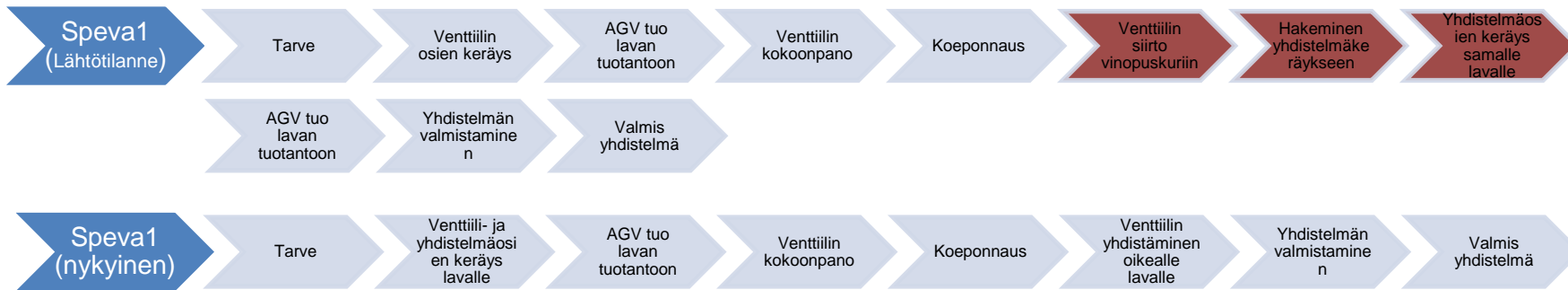
Lähteet

- 1 Haverila, Matti J.; Uusi-Rauva, Erkki; Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko. 2009. Teollisuustalous. Ylöjärvi: Infacs Oy Johtamistekniikka. luku 8.5
- 2 Prosessien kehittäminen. Verkkoaineisto.
<<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/prosessien-kehittaminen/>>
- 3 Varasto-ohjautuva tuotanto MTS. Verkkoaineisto.
<<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/varasto-ohjautuva-tuotanto-mts/>>
- 4 Tilauksesta valmistus MTO. Verkkoaineisto.
<<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/tilauksesta-valmistus-mto/>>
- 5 Modig, Niklas & Åhlström, Pär: TÄTÄ ON LEAN. E-kirja.
- 6 Lean-ajattelu. Verkkoaineisto.
<<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/lean-ajattelu/>>
- 7 The Advantages of Just-in-Time Inventory Systems. Verkkoaineisto.
<<http://smallbusiness.chron.com/advantages-justintime-inventory-systems-20997.html>>
- 8 Metso lyhyesti. Verkkoaineisto.
<<http://www.metso.com/fi/yritys/metso-yrityksena/metso-lyhyesti/>>
- 9 Metso Vuosikatsaus. Verkkoaineisto.
<https://www.metso.com/siteassets/documents/2018/finnish/metso_2017_ar_fi_2.pdf>

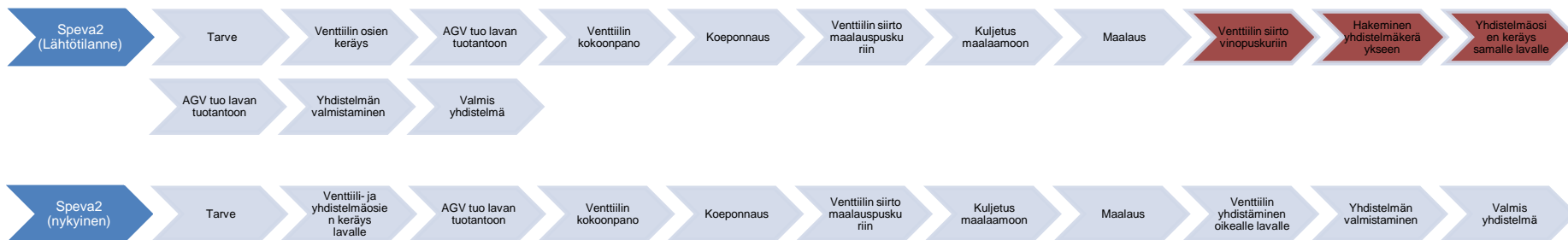
1 (2)

Prosessikaaviot

Tuotantoprosessiketju SPEVA1



Tuotantoprosessiketju SPEVA2



1 (2)

Tehtaan layout

